

合金元素过渡及对堆焊金属硬度的影响

张元彬^{1,3}, 卢东红², 史耀武³

(1. 山东建筑大学材料学院, 山东 济南 250101; 2. 山东省监狱基建处, 山东 济南 250100

3. 北京工业大学材料学院, 北京 100022)

[摘要] 为明确不同合金元素在堆焊金属中的作用, 设计了 12 种碱性药皮堆焊焊条, 利用光电直接光谱仪、洛氏硬度计对堆焊金属的成分及硬度进行了测试, 分析了 C、Ti、Nb、V 的合金过渡特点及其对堆焊金属硬度的影响规律。结果表明: C 元素过渡波动较大, Nb、V 过渡较稳定, 各种元素的过渡相互影响; C、V 固溶强化作用大, 能够提高堆焊金属硬度, 而 Ti、Nb 主要形成碳化物, 含量过多时会减弱碳的固溶强化作用, 使硬度降低。

[关键词] 堆焊; 焊条; 硬度; 合金过渡; 碳化物; 合金

[中图分类号] TG422.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-3660(2007)03-0034-03

Alloy Transfer and the Effect on Hardness of Surfacing Welded Metal

ZHANG Yuan-bin^{1,3}, LU Dong-hong², SHI Yao-wu³

(1. Materials Science and Engineering School, Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, China;

2. Capital Construction Department, Shandong Prison, Jinan 250100, China;

3. Materials Science and Engineering School, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

[Abstract] To make clear the effect of different alloy elements in the deposited metal, 12 species of basic coated electrode were prepared, and the chemical constitution and hardness of their surfacing welded metal were tested, then the alloy transfer character of C, Ti, Nb and V, and their effects on the hardness were discussed. It is indicated that the transfer of different alloy elements influences each other, the transfer efficiency of carbon is unstable while that of Nb and V are more stable. The C and V in the welding metal has strong solid solution strengthening effect, then can increase the hardness, but the raising of Ti and Nb content decreases the hardness due to the formation of too much carbides.

[Key words] Surfacing welding; Welding rod; Hardness; Alloy transfer; Carbide; Alloy

0 引言

耐磨堆焊是机械工程中广泛采用的一种表面强化技术, 而堆焊金属硬度是影响耐磨性的一个重要参数, 硬度测试方便易行, 所以常用硬度来衡量堆焊层耐磨性^[1-3]。碳化物硬质相对于提高堆焊层的硬度及耐磨性有突出作用, 传统的堆焊合金多采用 W、V、Cr 的碳化物作为强化相^[4-5], 但由于其碳化物易聚集于晶界, 且 W、V、Cr 对基体的固溶强化作用较强, 导致堆焊层韧性、抗裂性变差。为解决这一问题, 可用 Ti、Nb、V 作为碳化物形成元素, 合金元素对基体固溶强化作用弱, 其碳化物分布均匀, 可以获得耐磨性、抗裂性皆优的堆焊金属^[6-7]。采用焊条电弧焊堆焊时, 焊条药皮中石墨及各种合金的加入量直接影响到堆焊金属成分及碳化物数量, 从而影响堆焊层的硬度及耐磨性, 明确各种合金的过渡规律及对硬度的影响, 是合理设计焊条的基础。

1 试验材料及方法

采用 H08A 焊芯, 低氢碱性药皮, CaO-CaF₂-TiO₂ 渣系, 药皮中加入石墨、高碳铬铁、钛铁或金属钛、钒铁、金属铌作为合金剂, 另加入少量稀土变质剂改善碳化物分布形态。设计 12 种配方, 在 TL-25 型焊条压涂机上压制焊条。在低碳钢板上堆焊试样, 每种焊条堆焊 3 块, 每块堆焊 3~5 层。利用 HR-150D 型洛氏硬度计测试样硬度, 每块试样测 5 点, 取 3 块试样的平均值。光电直接光谱仪测堆焊金属成分, JXA-840 型扫描电镜观察组织结构。

12 种焊条药皮中合金剂加入量见表 1, 表中 E_{qC} 、 E_{qTi} 分别为碳及钛加入量的计算值, E_{qC} 包括石墨及高碳铬铁中的碳, E_{qTi} 包括金属钛粉及钛铁中的钛, 钛铁按含钛 30% 计算。

2 试验结果及分析讨论

2.1 试验结果

堆焊金属中 C、Ti、Nb、V 的含量及硬度见表 2。另外, SEM 组织观察表明, 随着 Ti、Nb、V 含量增加, 堆焊金属中碳化物数量增加, 特别是 Ti、Nb 形成颗粒状碳化物, 分布均匀。

[收稿日期] 2006-11-27

[作者简介] 张元彬(1970-), 男, 山东历城人, 副教授, 博士, 研究方向: 焊接冶金及焊接材料。

表1 焊条药皮中合金剂加入量(质量分数%)

Table 1 Content of alloy agent in the welding rod coating(wt. %)

序号	C _{Eq}	Ti	Ti-Fe	Ti _{Eq}	Nb	V-Fe
1	1.5	2	8	4.4	6	5
2	1.7	0	10	3.0	4	3
3	1.8	4	10	7.0	4	3
4	1.8	2.5	8	4.9	2	12
5	1.9	4	10	7	4	3
6	2.2	1.5	12	5.1	4	10
7	2.8	0	12	3.6	0	0
8	3.2	8	10	11	10	8
9	3.4	0	4	1.2	16	0
10	3.4	0	4	1.2	0	18
11	3.4	18	4	19.2	0	0
12	3.9	9	0	9	8	8

表2 堆焊金属成分(质量分数%)及硬度

Table 2 Composition(wt. %) and hardness (HRC) of the deposited metal

序号	C	Ti	Nb	V	HRC
1	0.43	0.08	1.3	1.28	41
2	0.62	0.1	0.94	0.87	57
3	0.58	0.41	1.13	0.83	50
4	0.49	0.11	0.49	2.65	56
5	0.56	0.38	1.09	0.91	49
6	0.53	0.24	0.93	2.3	57
7	0.87	0	0	0	64
8	0.61	1.02	2.15	1.7	26
9	0.69	0	2.88	0	43
10	0.91	0	0	2.27	63
11	0.67	3.15	0	0	37
12	0.84	0.81	1.8	1.78	45

2.2 合金元素的过渡

图1为各试样石墨的原始加入量与堆焊金属含碳量的对应关系。碳的过渡波动较大,总体上来看,堆焊金属的含碳量随药皮中石墨原始加入量的提高而增加,但也存在特殊情况。2[#]、7[#]、10[#]含碳量偏高,而11[#]含碳量偏低。据分析,其原因是碳的过渡受药皮中Ti、Nb等强碳化物元素加入量的影响,因为石墨除起脱氧作用外,在电弧高温条件下与Ti、Nb强烈结合形成碳化物,部分碳化物残留在焊接熔渣中,从而增大了碳元素的损失。2[#]、7[#]、10[#]药皮中Ti、Nb加入量较少,碳的过渡系数较大;11[#]加入的Ti较多,降低了碳的过渡系数。

图2、图3、图4分别为堆焊金属中Ti、Nb、V含量随药皮中合金加入量的变化。Ti是以Ti粉和Ti-Fe两种形式加入药皮的,图2中Ti_{Eq}表示加入Ti的总量。Ti在焊接过程中起脱氧作用,加入量较少时不能过渡到焊缝中(如9[#]、10[#]),加入量增加时,堆焊金属含Ti量增加。但由于受Ti加入形式的影响,并且石墨的脱氧作用也影响到Ti的过渡,所以Ti的过渡也有波动,石墨、Ti的加入量增大有利于Ti的过渡。如11[#]样品Ti的过渡系数明显高于其他试样,就是因为Ti主要以纯Ti粉形式加入,Ti-Fe较少(4%),并且未加V-Fe,铁合金的稀释作用小;另一方面,脱氧程度相同的条件下,脱氧消耗的钛的绝对量相同,随着Ti加入量提高,脱氧消耗的钛所占的比例减小,过渡系数提高;

另外,11[#]中加入的石墨较多,对Ti也有保护作用。

Nb的过渡较为稳定,2[#]、3[#]、5[#]、6[#]四种样品中Nb粉加入量相同,而3[#]、5[#]试样中含Nb量偏高,据分析,其原因是这两种样品中Ti粉加入量较高(4%),Ti比Nb更易氧化和形成碳化物,从而对Nb有保护作用。

除10[#]外,V的过渡也较为稳定。10[#]中V-Fe加入量最高(18%),但堆焊金属中V含量比4[#]、6[#]还低,这是由于10[#]样品中没有加Ti、Nb金属粉,对V的保护作用弱,焊接过程中部分V被氧化,另外,V是以V-Fe的形式加入的,大量的铁合金对焊缝有稀释作用,使合金元素百分含量降低。

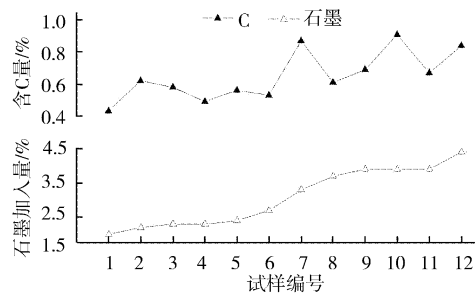


图1 石墨加入量及堆焊金属含碳量

Figure 1 Content of graphite in the coating and carbon in the deposited metal

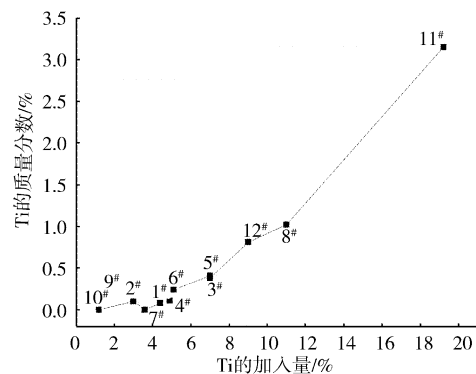


图2 药皮中Ti加入量及堆焊金属含Ti量

Figure 2 Ti content in the coating and the deposited metal

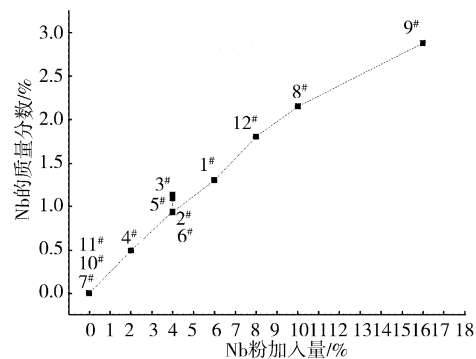


图3 堆焊金属含Nb量及药皮中Nb粉加入量

Figure 3 Nb content in the coating and the deposited metal

2.3 合金元素对硬度的影响

各试样对应的合金元素含量及试样硬度见图5。碳是对硬度影响最为明显的元素^[8],由图5可见,堆焊金属硬度基本上随着含碳量增加而提高。但硬度并不是完全取决于含碳量,还受到Ti、Nb、V含量的影响,是各种元素综合影响的结果。分析发

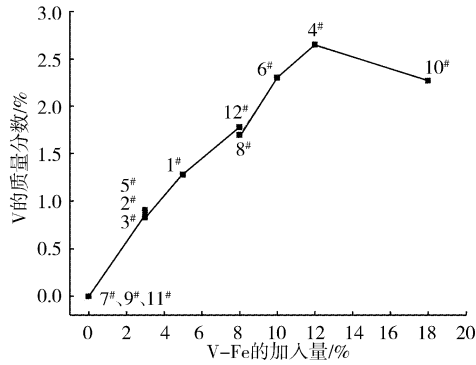


图4 药皮中 V-Fe 加入量及堆焊金属含 V 量

Figure 4 V-Fe content in the coating and V in the deposited metal

现, C、V 含量增加有利于提高硬度, Ti、Nb 含量增加则降低硬度。如 4[#]、6[#] 含碳量比 3[#]、5[#] 低, 但硬度却较高, 原因就是 4[#]、6[#] 含 V 较高、含 Ti、Nb 较低。8[#]、9[#]、11[#]、12[#] 四个试样含碳量都不低, 分别是 0.61%、0.69%、0.67%、0.84%, 但硬度却较低, 因为它的堆焊金属中 Ti、Nb 含量较高, Ti、Nb 总量分别为 3.17%、2.88%、3.15%、2.61%。合金元素对硬度的不同影响与其本身特性有关, 固溶状态的 C 是间隙原子, 明显提高硬度, V 在钢中溶解度也较大, 固溶强化作用也较强; Ti、Nb 的碳化物倾向极强, 主要以颗粒状碳化物形式存在^[9], 而在钢中固溶度较小, 对基体固溶强化作用弱, 同时碳化物的形成必然消耗大量的碳元素, 使固溶状态的 C 减少, 减弱了 C 的固溶强化作用, 从而使堆焊金属硬度降低。

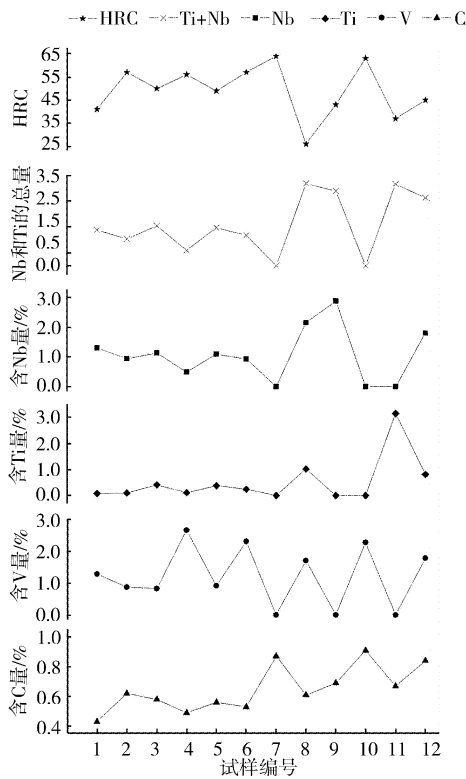


图5 试样合金元素含量及硬度

Figure 5 Alloy content and the hardness of deposited metal

3 结论

1) 碱性药皮焊条堆焊时 C、Ti、Nb、V 的过渡相互影响, C 的过渡系数波动较大, Nb、V 过渡较稳定; 化学活性强的元素 (C、Ti) 对化学活性弱的元素有保护作用, 提高其过渡系数; Ti、Nb 加入量增加时降低 C 的过渡而提高 V 的过渡, 大量铁合金的加入不利于合金过渡系数的提高。

2) 堆焊金属硬度受各合金元素综合影响, C、V 固溶强化作用较大, 其含量增加能提高堆焊金属硬度, 而 Ti、Nb 则由于碳化物形成倾向大, 减弱 C 的固溶强化作用, 从而降低堆焊金属硬度。

[参考文献]

- [1] Ben Zabner. Surfacing alloys [J]. Welding Design and Fabrication, 1997, (8): 55-59
- [2] Liu Z J, Hao X F, Fu Y Q. Interaction Between Alloying and Hardening of Cast Iron Surface [J]. China Welding, 2002, 11(2): 161-166
- [3] 张清辉. 堆焊焊条耐磨性探讨 [J]. 焊接学报, 1994, 15(4): 214-219
- [4] 刘翠荣, 赵志英. 耐磨耐热堆焊焊条的研制 [J]. 焊接技术, 2002, 31(1): 44-45
- [5] 刘政军, 张桂清, 刘铎, 等. Cr-B-Ni-W-V 系堆焊合金的组织性能及耐磨机理 [J]. 表面技术, 2006, 35(5): 2-7
- [6] 王爱珍, 时阳, 张友阳. 高硬度高韧性耐磨堆焊焊条的研究 [J]. 热加工工艺, 1997, (5): 46-48
- [7] 张元彬, 任登义. 一种新型工具钢冷焊焊缝的研究 [J]. 工具技术, 2002, 36(1): 13-15
- [8] 王勇, 张汉谦, 王宝. 碳对多元合金系堆焊层硬度和组织的影响 [J]. 太原理工大学学报, 2002, 33(4): 386-388, 392
- [9] Zhang Y B, Ren D Y. Distribution of strong carbide forming elements in hard facing weld metal [J]. Materials Science and Technology, 2003, 19(8): 1029-1032

专利名称: 一种制备 p 型 ZnO 晶体薄膜的方法

专利申请号: 200310108466.5 公开号: CN1542916

申请日: 2003-11-04 公开日: 2004-11-03

申请人: 浙江大学

本发明公开的制备 p 型氧化锌晶体薄膜的方法步骤如下: 先将衬底表面清洗后放入金属有机化学汽相沉积生长室中, 生长室真空度抽到至少 10^{-2} Pa, 然后加热衬底, 使衬底温度为 $350 \sim 950^{\circ}\text{C}$, 控制生长室内部压力在 $10^{-2} \sim 10000$ Pa 范围里, 用高纯载气将高纯有机锌源输入生长室中, 同时将高纯 N_2O 和高纯 NO 气体输入生长室, 有机锌源、 N_2O 和 NO 的摩尔流量分别为 $0.1 \sim 1 \times 10^3 \mu\text{mol}/\text{min}$ 、 $1 \sim 1 \times 10^5 \mu\text{mol}/\text{min}$ 和 $1 \sim 1 \times 10^5 \mu\text{mol}/\text{min}$, 锌源、氧源和氮源在衬底反应生长, 得到掺杂浓度 $2.0 \times 10^5 \sim 5.0 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$, 电阻率为 $0.1 \sim 1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 的 p 型氧化锌薄膜。本发明制备方法具有重复性和稳定性好, 制得的 p 型氧化锌薄膜晶体质量高, 均匀性好等优点。